

OBJECT DETECTING DEVICE AND ITS METHOD

Patent Number: JP9090026
Publication date: 1997-04-04
Inventor(s): MINETA KENICHI
Applicant(s): HONDA MOTOR CO LTD
Requested Patent: ☐ JP9090026
Application Number: JP19950249747 19950927
Priority Number(s):
IPC Classification: G01S13/60; G01B11/00; G01B21/00; G01S3/786; G01S13/93; G05D1/02; G08G1/00; G08G1/16
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately track an object.

SOLUTION: The detected object which is the closest to the predicted position PE of an object 53P moving at a known speed from a known position PP after a fixed period of time is not simply recognized as the object 53P (stored object), but the object at such a position that the value obtained by subtracting the distances (absolute values of displacement vectors Pd) between the predicted position PE and positions of detected objects 54, 55, and 56 from the inner products of the predicted position PE in the direction of a speed vector starting from the position PP and the position vectors Pi ending at the positions of the objects 54, 55, and 56 becomes the maximum is decided as the object 53P after the prescribed period of time. Therefore, objects can be tracked with higher accuracy.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

3-03/13-TA

(1)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-90026

(43) 公開日 平成9年(1997)4月4日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 S 13/60			G 0 1 S 13/60	C
G 0 1 B 11/00			G 0 1 B 11/00	A
	21/00		21/00	A
G 0 1 S 3/786			G 0 1 S 3/786	
13/93			G 0 5 D 1/02	K

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-249747

(22) 出願日 平成7年(1995)9月27日

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 峯田 憲一

埼玉県和光市中央1-4-1 株式会社本
田技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 千葉 剛宏 (外1名)

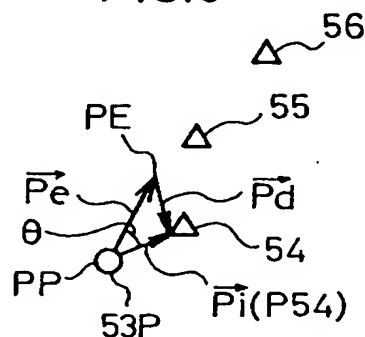
(54) 【発明の名称】 物体検出装置およびその方法

(57) 【要約】

【課題】例えば、前走車を正確に追尾する。

【解決手段】単に、速度と位置が既知の物体53Pの一定時間経過後の予測位置PEに最も近い検出物体を、その速度と位置が既知の物体(記憶物体)に対応させるのではなく、その記憶物体53Pの位置PPを基準とする速度ベクトル方向の予測位置PEと、検出物体54、55、56を終点とする位置ベクトルPiのそれぞれの内積から予測位置PEと検出物体54、55、56の各位置との間の距離(変位ベクトルPdの絶対値)を引いた値が最大のものを前記記憶物体53Pの一定時間後の検出物体の位置としているので、一層正確に物体を追尾することができる。

FIG.5



【特許請求の範囲】

【請求項1】相対的に移動する物体の現在位置を一定時間毎に検出する物体位置検出手段と、

検出された物体の現在位置と過去位置と前記一定時間とに基づいて前記検出物体の速度ベクトルを算出する速度ベクトル算出手段と、

前記検出物体の現在位置と速度ベクトルとを対として記憶する記憶手段と、

前記記憶された検出物体（以下、記憶物体という。）の現在位置と速度ベクトルとに基づいて、当該現在位置を基準過去位置として、この基準過去位置を始点とし前記一定時間経過後の前記記憶物体の到達予測位置を終点とする予測位置ベクトルを算出する予測手段と、

前記物体位置検出手段により新たに検出された物体の現在位置を終点とし前記記憶物体の前記基準過去位置を始点とする位置ベクトルを算出し、算出した位置ベクトルのうち、前記予測位置ベクトルに対応する位置ベクトルを前記記憶物体の現在位置を表す位置ベクトルと同定する対応決定手段とを備えることを特徴とする物体検出装置。

【請求項2】相対的に移動する物体の現在位置を一定時間毎に検出する物体位置検出手段と、

検出された物体の現在位置と過去位置と前記一定時間とに基づいて前記検出物体の速度ベクトルを算出する速度ベクトル算出手段と、

前記検出物体の現在位置と速度ベクトルとを対としレコードとして記憶する記憶手段と、

前記記憶された検出物体（以下、記憶物体という。）の現在位置と速度ベクトルとに基づいて、当該現在位置を基準過去位置として、この基準過去位置を始点とし前記一定時間経過後の前記記憶物体の到達予測位置を終点とする予測位置ベクトルを算出する予測手段と、

前記物体位置検出手段により新たに検出された物体の現在位置を終点とし前記記憶物体の前記基準過去位置を始点とする位置ベクトルを算出し、算出された位置ベクトルのうち、前記予測位置ベクトルに対応する位置ベクトルを前記記憶物体の現在位置を表す位置ベクトルと同定する対応決定手段と、

前記同定された位置ベクトルの先端で表される現在位置と、前記同定された位置ベクトルと前記一定時間に基づいて算出された速度ベクトルとを対として、前記記憶物体の前記レコードの内容を更新する記憶更新手段とを備えることを特徴とする物体検出装置。

【請求項3】前記記憶更新手段は、前記対応決定手段において、所定回数、対応する同定された位置ベクトルが存在しない前記記憶物体の前記レコードを前記記憶手段から消去し、かつ、対応する同定された位置ベクトルが存在しない新たに検出された物体の現在位置と速度ベクトルとを対で新たなレコードとして前記記憶手段に記憶させることを特徴とする請求項2記載の物体検出装置。

【請求項4】前記対応決定手段は、予測位置ベクトルを P_e 、前記物体位置検出手段により新たに検出された物体の現在位置を終点とし前記記憶物体の前記基準過去位置を始点とする位置ベクトルを P_i 、任意係数を k 、対応度を C_i とすると、対応度 C_i を $C_i = P_e \cdot P_i - k |P_i - P_e|$ で表し、この対応度 C_i の値が最大になる位置ベクトル P_i を、予測位置ベクトル P_e に対応する位置ベクトルと同定することを特徴とする請求項2または3記載の物体検出装置。

【請求項5】相対的に移動する物体を検出して追尾する際に用いられる物体検出方法において、

物体の既知の位置で得られている速度から一定時間経過後の物体の予測位置を算出する予測位置算出過程と、

前記一定時間経過後の時点において、物体の位置を検出する物体位置検出過程と、

前記物体の既知の位置と前記物体の予測位置を結ぶ方向と、前記物体の既知の位置と前記物体の検出位置を結ぶ方向とのなす変位角を計算するとともに、前記物体の予測位置と前記物体の検出位置との間の距離を計算する対応度計算過程と、

前記変位角が小さく、かつ前記距離が小さい検出物体の位置が、前記既知の位置が分かっている物体の一定時間経過後の実際の位置であると判断する判断過程とを有することを特徴とする物体検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、例えば、自動車に搭載され、当該自動車を基準とする複数の先行車（前走車）あるいは対向車等、相対移動する物体を検出し、検出した物体を好適に追尾（追跡）することの可能な物体検出装置およびその方法に関する。

【0002】なお、この物体検出装置では、検出した物体に、いわゆるID（アイディ：Identification）を継続して付けて追尾する。

【0003】

【従来の技術】まず、物体検出装置を利用する一般的な追尾原理を説明する。すなわち、ある時点まで何らかの方法により位置（過去位置と考える。）が検出された移動物体を記憶物体と呼び、次の時点で何らかの方法により位置（現在位置と考える。）が検出された移動物体（前記移動物体と同じ場合も異なる場合もある。）を検出物体という。この場合、それぞれの時点における記憶物体と検出物体との対応を採ることにより同一の移動物体を追尾することができる。

【0004】このような追尾原理に基づいた従来技術として、特開平6-150195号公報あるいは特開平6-150196号公報に公表された「物体検出装置」を挙げることができる。

【0005】この物体検出装置は、ある時点において記憶物体が有する位置情報と速度情報とから、次の時点に

おける当該記憶物体の存在する位置を予測し、この予測位置（この予測位置は、過去位置に移動距離（前記速度情報×かかった時間）を加算した位置として与えられる。）と前記次の時点において検出された検出物体の検出位置とを比較し、前記予測位置と前記検出位置との距離差が最も小さい検出物体を前記記憶物体であると同定する技術を採用している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の物体検出装置では、比較対象である、予測位置と検出位置とが、スカラー量であるために、次に説明する誤対応等を引き起こすという問題が発生する。

【0007】図12Aに示すように、図示しないステレオカメラ等の物体検出装置が搭載され、矢印M方向に進行する自車3の移動物体検出範囲4内に、既検出のID番号1の記憶物体1とID番号2の記憶物体2が存在するとき、次の位置検出時点までに相互に点線で囲んだ位置に車線を変更して左右位置が入れ替わってしまった場合、図12Bに示すように、ID番号1の記憶物体1をID番号2の記憶物体2と認識し、ID番号2の記憶物体2をID番号1の記憶物体1として認識してしまう、いわゆる誤対応（誤認識）、換言すれば、いわゆる間違ったID承継が発生するおそれがある。

【0008】同様に、図13Aに示すように、ID番号1の記憶物体1とID番号2の記憶物体2が、次の位置検出時点までに相互に点線で囲んだ位置に相対的に移動して前後位置が入れ替わってしまった場合、図13Bに示すように、ID番号1の記憶物体1をID番号2の記憶物体2と認識し、ID番号2の記憶物体2をID番号1の記憶物体1として認識してしまうおそれがある。

【0009】さらに、図14Aに示すように、記憶物体1と記憶物体2に順位を付け、順位の高い記憶物体（この場合、記憶物体1とする。）から対応付け（探索）を行う場合、記憶物体2が点線で囲んだ位置に移動して順位の高い記憶物体1と進行方向M上で一直線上に並んだ場合において、順位の高い記憶物体1がノイズ等の影響で一時的に検出できなかった時、図14Bに示すように、次の順位の記憶物体2をより順位の高い記憶物体1と同定してしまうおそれがある。

【0010】この発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、複数の移動物体を誤対応なく正確に追尾することを可能とする物体検出装置およびその方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】この発明は、相対的に移動する物体の現在位置を一定時間毎に検出する物体位置検出手段と、検出された物体の現在位置と過去位置と前記一定時間とに基づいて前記検出物体の速度ベクトルを算出する速度ベクトル算出手段と、前記検出物体の現在位置と速度ベクトルとを対として記憶する記憶手段と、

前記記憶された検出物体（以下、記憶物体という。）の現在位置と速度ベクトルとに基づいて、当該現在位置を基準過去位置として、この基準過去位置を始点とし前記一定時間経過後の前記記憶物体の到達予測位置を終点とする予測位置ベクトルを算出する予測手段と、前記物体位置検出手段により新たに検出された物体の現在位置を終点とし前記記憶物体の前記基準過去位置を始点とする位置ベクトルを算出し、算出した位置ベクトルのうち、前記予測位置ベクトルに対応する位置ベクトルを前記記憶物体の現在位置を表す位置ベクトルと同定する対応決定手段とを備えることを特徴とする。

【0012】この発明によれば、記憶物体の位置を基準（始点）として一定時間後の予測位置ベクトルを算出し、一方、現時点で検出した検出物体の位置を終点とし前記記憶物体の位置を始点とする位置ベクトル（記憶物体の現在位置を求めるための候補となる位置ベクトルであるので、ここでは、候補位置ベクトルという。）を算出する。そして、対応決定手段により、前記予測位置ベクトルに対応する候補位置ベクトルを前記記憶物体の現在位置を表す位置ベクトルと同定している。

【0013】この場合、同定された位置ベクトルの先端で表される現在位置と、同定された位置ベクトルと一定時間に基づいて算出された速度ベクトルとを対として、記憶物体のレコードの内容を更新する記憶更新手段を設けることにより、連続的に移動物体を追尾することができる。

【0014】また、記憶更新手段が、対応決定手段において、所定回数、対応する同定された位置ベクトルが存在しない記憶物体のレコードを当該記憶手段から消去し、かつ、対応する同定された位置ベクトルが存在しない新たに検出された物体の現在位置と速度ベクトルとを対で新たなレコードとして記憶手段に記憶させるようにすることで、移動物体を確実に追尾するとともに、移動物体を効率よく追尾することができる。

【0015】さらに、対応決定手段は、予測位置ベクトルを P_e 、物体位置検出手段により新たに検出された物体の現在位置を終点とし記憶物体の基準過去位置を始点とする位置ベクトルを P_i 、任意係数を k 、対応度を C_i とすると、対応度 C_i を $C_i = P_e \cdot P_i - k | P_i - P_e |$ で表し、この対応度 C_i の値が最大になる位置ベクトル P_i を、予測位置ベクトル P_e に対応する位置ベクトルと同定することにより、容易に記憶物体に対応する検出物体を同定することができる。

【0016】その理由は、ベクトルの内積 $P_e \cdot P_i$ が最大とは、位置ベクトル P_i と予測位置ベクトル P_e とが同方向であることを意味し、さらに変位ベクトル $P_i - P_e$ の絶対値（スカラー量）が最小とは速度差および方向差が最小であることを意味するからである。

【0017】さらにまた、この発明方法は、相対的に移動する物体を検出して追尾する際に用いられる物体検出

方法において、物体の既知の位置で得られている速度から一定時間経過後の物体の予測位置を算出する予測位置算出過程と、前記一定時間経過後の時点において、物体の位置を検出する物体位置検出過程と、前記物体の既知の位置と前記物体の予測位置を結ぶ方向と、前記物体の既知の位置と前記物体の検出位置を結ぶ方向とのなす変位角を計算するとともに、前記物体の予測位置と前記物体の検出位置との間の距離を計算する対応度計算過程と、前記変位角が小さく、かつ前記距離が小さい検出物体の位置が、前記既知の位置が分かっている物体の一定時間経過後の実際の位置であると判断する判断過程とを有することを特徴とする。

【0018】この方法によれば、予測位置に最も近い検出物体を位置が既知の物体（記憶物体）に対応させるのではなく、その記憶物体の位置を基準とする速度ベクトル方向からの変位角と予測位置と検出位置の距離をも考慮に入れて対応の度合いを評価するようにしているので、より一層正確に物体を追尾することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、この発明の一実施の形態について、まず、図1の機能ブロック図を参照して説明する。

【0020】図1は、図示しない自転車等に搭載される物体検出装置8の本発明に係る機能ブロックの構成を示している。

【0021】図1において、位置検出手段10は、自転車に対して相対的に移動する複数の物体の3次元位置または2次元位置を一定時間（サンプリング時間）毎に検出することの可能なセンサであり、例えば、2台のCCDビデオカメラを利用したステレオカメラ、あるいはスキャン方式・アレイ式のレーザレーダまたはミリ波レーダ等を用いることができる。

【0022】記憶手段11は、RAM（ランダムアクセスメモリ）であり、例えば、他車、人、その他の自転車にとって障害物となる移動物体の2次元位置または3次元位置、速度、および幅などの情報（以下、属性情報という。）を記憶する。この実施の形態において、これらの属性情報が記憶物体毎にまとめて保持され、この属性情報を単位としての追加削除を行う。この属性情報の単位を以下、レコードという。

【0023】図2は、レコード51の構成例を示している。図2に示すように、レコード51には、当該レコード51の前後のレコード、すなわち、次のレコードのポインタと前のレコードのポインタとが定められる。

【0024】また、当該レコード51の作成時点（計算時点）、言い換えれば、物体を検出したときの検出時点 t_0 が記憶される。さらに、この検出時点 t_0 における物体の位置 (x, y) 、また、この検出時点 t_0 より過去の複数の数時点前までの各時点 t_{-1}, \dots, t_{-n} における物体の位置 (x, y) がそれぞれ記憶される。前後の時

点、例えば、時点 t_0 と時点 t_{-1} との間の一定時間がサンプリング時間、すなわち、検出時間間隔である。なお、物体の位置 (x, y) は、その検出時点における自転車位置を座標原点とする座標点、すなわち、位置ベクトルとして記憶される。

【0025】また、複数の連続時点における物体の位置を考慮することで、これら物体の位置情報、時間情報に適切なフィルタ処理を行うことにより、位置情報に含まれるノイズを除去し、速度算出の精度を上げることができる。時間の配列は、例えば、前記サンプリング時間である物体検出サイクルを33msとした場合、10配列～15配列程度とすればよい。このような考えに基づいて、時点 t_0 において算出した速度ベクトル V （この速度ベクトル V は、 x 方向の速度成分ベクトル V_x と y 方向の速度成分ベクトル V_y とから構成される。）も、レコード51に記憶される。

【0026】レコード51中の対応カウンタは、後にも説明するが、当該レコード51が表す物体の検出回数と見失い回数（非検出回数）とを計数値として記憶するカウンタである。

【0027】図3は、所定の記憶物体に対する当該レコード51のリスト52の構成を示している。レコード51は記憶物体毎に作成される。図3から分かるように、当該レコード51（図3中、例えば、レコード2と考える。）は、ポインタを介して前後のレコード51E（図3中、レコード1と考える。）とレコード51P（図3中、レコード3と考える。）に連結されたリスト52の構成となっている。なお、新たな検出位置に係る新たなレコードが作成されたとき、そのレコードは図3に示すリスト52の最後尾に追加されレコード4となる。

【0028】リスト52は移動物体毎に作成されるので、レコードの順序がそのまま移動物体の探索の優先順位となる。また、任意の2つのレコードを入れ替えることができるので、探索の優先順位を変更することも容易である。

【0029】図1中、速度ベクトル算出手段、予測位置ベクトル算出手段（予測手段）としても機能する対応度演算手段12は、例えば、以下に説明するように、位置検出手段10で新たに検出された物体（検出物体）と、記憶手段11に記憶されている物体（記憶物体）との対応度を計算する。

【0030】図4は対応度の計算の説明に供される図である。図4は、物体検出装置8により検出された符号○で表す記憶物体（記憶物体○ともいう。）53P、53P'、53P''、…と符号△で表す現在検出された検出物体（検出物体△ともいう。）54、55、56の位置関係の例を示す。まず、記憶物体○の過去の位置と速度とから次の時点（検出物体△が検出された時点、結局、現在時点である。）で検出されると予測される到達予測位置（単に、予測位置ともいう。）PEを終点とし、過

去（その現在時点の1サンプリング時間前の時点）の位置（基準過去位置ともいう。）PPを始点とする予測位置ベクトル（変位ベクトルと見ることもできるが、過去の位置PPを基準とするベクトルであるので、位置ベクトルという。）Peを求める。

【0031】次に、図4に示すように、予測位置PEを中心として物体探索範囲58を決定する。なお、この探索範囲58は、図12～図14に示した物体検出範囲4内の範囲に設定される。そして、物体探索範囲58の大きさと形は、対象とする物体に応じて、この場合、対象とする物体が車や人などであるので、それらの物理的な移動速度の限界から決めることができる。形は、四角形でも円形でもその他の形状でもよく、円形にした場合には、四角形に比較して探索範囲を狭くすることができるので、トータルの演算時間を少なくすることができる。

【0032】次いで、検出物体54、55、56の現在

$$\begin{aligned} C_i &= P_e \cdot P_i - k |P_i - P_e| \\ &= P_e \cdot P_i - k P_d \end{aligned} \quad \dots (1)$$

(1)式は、対応度Ciが、予測位置ベクトルPeと候補位置ベクトルPiとの内積 $P_e \cdot P_i$ から、候補位置ベクトルPiから予測位置ベクトルPeを減算して得られる変位ベクトル $\{ (P_i - P_e) = P_d \}$ の絶対値 $|P_i - P_e|$ に任意係数kをかけたものを引いた値で表されることを意味している。なお、符号iは、一般的には、1から数えてi番目の検出物体に対する候補位置ベクトルPiを表しているが、図4、図5例の場合には、明細書作成技術上、 $i = 54, 55, 56$ とする。

【0035】そして、図1中の対応決定手段13は、この対応度Ciの値が最も大きい値となる候補位置ベクトルPiの終点位置を記憶物体53Pの現在位置として同定する。

【0036】この場合、(1)式の最大値は、ベクトルの内積 $P_e \cdot P_i$ が最大値であって、言い換えれば、予測位置ベクトルPeと候補位置ベクトルPiとが同方向であって、変位ベクトル $P_d = (P_i - P_e)$ の絶対値 $|P_i - P_e|$ が最小値、すなわち、速度差と方向差が最小であるときに得られる。

【0037】図6は、図5の状態における探索範囲58内の検出物体54、55、56の候補位置ベクトルP54、P55、P56と予測位置ベクトルPeとの(1)式の演算結果に基づく、各対応度 C_{54} 、 C_{55} 、 C_{56} を立体的に表したものである。図6において、座標のZ軸は対応度を表し、X軸とY軸は検出物体の位置を表し、メッシュは探索範囲58内の各位置に検出物体があった場合の対応度の分布を表している。

【0038】図6から対応度 C_{55} の値が最大であることが分かる。したがって、検出物体55が記憶物体53Pであると容易に同定することができる。

【0039】この場合、従来技術によれば、図7に示す

位置（図4に示す位置）を終点とし、図5に示すように、基準過去位置PPを始点とする位置ベクトルPi

（図面が繁雑になるので、基準過去位置PPを始点とし検出物体54の現在位置を終点とする位置ベクトルPiのみを描いている。これも変位ベクトルと見ることもできる。）をそれぞれ求める。なお、これらの位置ベクトルPiのうち、いずれか1つの位置ベクトルPiの終点の位置が記憶物体53Pの現在位置と同定されるので、この意味から、位置ベクトルPiを候補位置ベクトルPiとも呼ぶこととする。

【0033】次に、対応度演算手段12は、予測位置ベクトルPeと候補位置ベクトルPiとから、例えば、次の(1)式に示す演算式の演算結果に基づいて、記憶物体53Pと検出物体54、55、56のそれぞれの対応度Ciを計算する。

【0034】

ように、単に予測位置PEに最も近い位置か、基準過去位置PPに最も近い位置に存在する検出物体54を記憶物体53Pに対応する検出物体であると間違えて誤対応させてしまう可能性、言い換えれば、実際には記憶物体54Pに対応する検出物体54を記憶物体53Pに対応する検出物体と誤対応（誤認識）させてしまう可能性があるが、この発明によれば、図6に示すように、検出物体55の対応度 C_{55} が検出物体54の対応度 C_{54} よりもやや高い値となっており、検出物体55が記憶物体53Pに対応する検出物体であるとして正しくIDの承継を行うことができる。

【0040】任意係数kの効果について一般的に説明すると、(1)式において、任意係数kの値を大きな値にした場合には、予測位置ベクトルPeの方向により近い位置に存在する検出物体に対する対応度Ciの値が相対的に大きな値となって対応をとる場合に、いわゆる指向性が強くなる。このようにすれば、複数の障害物が接近した場合においても、誤ってIDを付けてしまう確率が減少する。反対に、任意係数kの値を小さくした場合には指向性が弱くなり、ノイズなどの影響で障害物の検出位置が安定しない場合でも見失うことなく継続して正しいIDを付けることができる。

【0041】図1中の対応決定手段13は、上述したように、この対応度Ciの値が最も大きい値となる候補位置ベクトルPiの終点位置を記憶物体53Pの現在位置として同定するものであるが、正確には、記憶物体53Pに対して対応度Ciが計算された検出物体54、55、56の中で対応度Ciの最も大きいものを選び、その値が所定の閾値以上の値である場合に、その記憶物体53Pに対応するものと決定するようにしている。

【0042】図1中、速度演算手段14は、対応決定手

段13で対応する検出物体55が検出された記憶物体53Pに対して、記憶物体53Pの過去の位置（基準過去位置PPと記憶物体53P'、53P''…の過去位置PP'、PP''…（図7参照）を含む。）と検出物体55の現在位置55Nとから適当なフィルタ、例えば、ウィナーフィルタやカルマンフィルタを使用して、現在位置55Nにおける速度ベクトル（予測速度ベクトルまたは単に速度ともいう。）Vを求める。速度ベクトルVは、例えば、x軸方向の速度成分Vx（なお、後の説明を分かり易くするために、この値は、以下、スカラー量と考える。ベクトル量を考える場合には、x軸の単位ベクトルを掛ければよい。）とy軸方向の速度成分Vy（同様にスカラー量と考える。）とを有する。

【0043】図1中、記憶更新手段15は、対応決定手段13の決定に基づいて、記憶手段11に記憶されてい

$$\begin{aligned} X_i &= X_{i-1} + V_x \times \Delta t \\ Y_i &= Y_{i-1} + V_y \times \Delta t \end{aligned}$$

ここで、 X_i 、 Y_i は推定した現在位置、 X_{i-1} 、 Y_{i-1} は過去の位置、 V_x 、 V_y は過去速度、 Δt は位置検出手段10のサンプリング時間である。

【0045】このようにして記憶物体のリストのレコードの内容を全て更新した後、記憶物体と対応しなかった新たな記憶物体のレコードをリストの最後尾につけ加える。

【0046】以上の説明が、図1の機能ブロック図を参照したこの発明の一実施の形態の説明である。

【0047】次に、この発明のさらに具体的な実施の形態について説明する。

【0048】図8は、この具体的な実施の形態に係る物体検出装置を適用した移動障害物検出装置30の構成を示している。この移動障害物検出装置30は、検出範囲内に存在する物体の自己からの相対的な位置情報の集合を求める位置検出装置20と、この位置検出装置20から出力される位置情報の集合を演算処理し障害物の位置を継続して出力する演算制御手段（速度ベクトル算出手段、予測手段、対応決定手段、記憶更新手段を兼ねる。）としてのコンピュータ21とから構成される。

この位置検出装置20は、いわゆる両眼視距離測定にかかるステレオカメラ等を用いることができる。ステレオカメラは、左右のエリアセンサであるCCDビデオセンサを有し、この両方のエリアセンサの画枠内に映出された物体の画素位置情報（位置情報の集合）をコンピュータ21に供給する。コンピュータ21により、例えば、両方のエリアセンサに係る画像のマッチングを行って物体を特定し、三角測量の原理に基づき自己（ステレオカメラ配設位置）からその物体までの距離を計算し、物体位置を検出（測位）することができる。

【0049】このため、コンピュータ21は、位置検出装置20からの位置情報の集合を受け取る入力用のRA

リスト52（図3参照）の先頭のものから順次各記憶物体情報を格納するレコード（ここではレコード51E、51F、51P）の内容を更新する。すなわち、記憶物体が対応する検出物体を持てば、この検出物体の現在位置を記憶物体の最新位置とし、速度演算手段14によって計算されたベクトル量である速度Vをその最新位置に係る記憶物体の速度とする。なお、記憶物体が対応する検出物体を持たない場合であって、当該記憶物体のレコード中の対応カウンタの計数値が所定の閾値以下の場合には、その記憶物体のレコードを削除し、一方、対応カウンタの計数値が閾値より大きいとき、例えば、以下の（2）式に基づいて現在位置を推定してレコードの内容を更新しておく。

【0044】

…（2）

M22と、その位置情報の集合からまとまった検出物体を抽出してその位置を求め、記憶物体と検出物体との対応処理を行うCPU23と、記憶物体のリスト、システムプログラム、制御プログラム等の各種プログラムやパラメータ等を記憶するRAM24と、CPU23による演算の結果である更新された記憶物体の位置情報等を出力するためのRAM25と、これらを相互に接続するためのバス26等から構成されている。

【0050】次に、図8に示す移動障害物検出装置30の物体追尾動作動作について、図9～図11のフローチャートを参照して説明する。処理実行の制御主体はコンピュータ21である。

【0051】図9のゼネラルフローチャートにおいて、まず、位置検出装置20から出力される位置情報の集合に基づき、物体までの距離と画素位置とから物体の相対位置を計算し、位置情報をクラスタリングしてまとまった検出物体の位置を抽出し、クラスタに属する位置情報の集合の代表値を求め、これを検出物体の位置（現在位置）とする。この場合、位置情報の集合の代表値は、例えば集合の要素の平均を計算することにより求めることができる（ステップS100）。

【0052】次に、RAM24に記憶されている記憶物体リストの先頭へ探索ポインタをセット（設定）する（ステップS200）。

【0053】そして、探索ポインタの内容がNIL（何もない）となったかどうか、すなわち、記憶物体リストを最後まで調べたかどうかを判断する（ステップS300）。

【0054】ステップS300の判定が否定的である場合には、探索ポインタの指すレコードの中の次のレコードのポインタの値を探索ポインタにセットし、対応決定処理を行う（ステップS500）。この対応決定処理で

は、探索ポインタが指すレコードが記憶している記憶物体または当該記憶物体と探索範囲内にある各検出物体との対応度 C_i を計算し、記憶物体に対応する検出物体があるかどうか、ある場合にはどの検出物体が対応するのかを決定する。

【0055】ステップS300の判定が肯定的である場合には、記憶物体リストを最後まで調べたとして、決定された検出物体の現在位置と記憶物体の過去の位置とから現在の速度を求める(ステップS600)。

【0056】次に、記憶物体リストを先頭から調べていき、対応する検出物体の有無、対応カウンタの値などの条件に応じて記憶物体のレコードを更新し、また、対応する記憶物体がない検出物体をリストに加える(ステップS700)。

【0057】最後に、更新された記憶物体リストの内容に従って障害物である車両等の位置をIDとともに出力用のRAM25に書き込むことで、位置検出装置20からサンプリング時間毎に供給される位置情報の集合に基づく物体検出処理を終了する(ステップS800)。

【0058】次に、図10のフローチャートを参照して、ステップS500の対応決定処理の詳細について説明する。

【0059】まず、記憶物体の過去の位置とその過去の位置からの速度ベクトルとサンプリング時間に基づく予測位置とから検出物体の探索範囲を決定する(ステップS501)。ここで、探索範囲の大きさや形状は検出対象の物理的な移動速度の限界などから決めることができ

$$C_i = P_e \cdot P_i - k |P_i - P_e| \quad \dots (1)$$

ここで、 P_e は記憶物体の過去の位置を始点とし速度ベクトル方向のサンプリング時間経過後の予測位置 P_e (図5参照)を終点とする予測位置ベクトル、 P_i は記憶物体の過去の位置を始点とし検出物体の位置を終点とする候補位置ベクトル、 k は任意定数である。

【0064】予想位置ベクトル P_e の x 軸方向の成分を

$$C_i = P_{ex}P_{ix} + P_{ey}P_{iy} - k \sqrt{(P_{ix} - P_{ex})^2 + (P_{iy} - P_{ey})^2} \quad \dots (3)$$

(3)式から、対応度 C_i を計算する場合の演算回数(RAM、CPU等の資源を利用するとともに、演算時間がかかるので以下、計算コストという。)は、乗算8回、加算3回、減算1回、平方根計算1回であり、従来技術に係る最も近い検出物体を対応させる場合の計

$$C_i = P_{ex}P_{ix} + P_{ey}P_{iy} - k \{(P_{ix} - P_{ex})^2 + (P_{iy} - P_{ey})^2\} \quad \dots (4)$$

次に、リスト中の検出物体の中で対応度 C_i の最も大きいものを記憶物体に対応する候補として選択する(ステップS506)。

【0067】次に、選択された検出物体が記憶物体に対応すると決定するのに足りる対応度 C_i を有するかどうかを、最大の対応度 C_i が所定の閾値以上の値であるかどうかにより判定する(ステップS507)。閾値未満

る。例えば、片側一車線の有料道路などで対向車を検出することを考慮すると、相対速度として250km/h程度を見込めばよいので、移動障害物検出装置30のサンプリング時間が33msの場合には、一検出時間間隔中の移動範囲である、半径2.31mの円の範囲を探索範囲とすれば、記憶物体に対応する検出物体をほぼ検出することができる。

【0060】そこで、このようにして決定した探索範囲内にある検出物体をリストアップする(ステップS502)。

【0061】次いで、リストアップされた検出物体の有無を判断する(ステップS503)。検出物体が存在しない場合には、対応する検出物体が無かったことを記憶するために対応カウンタの計数値を1だけ減らす(ステップS505)。なお、この対応カウンタの計数値が所定の閾値以下の値になった場合には、後に詳細を説明する記憶更新処理ステップS700で、検出装置の検出範囲から物体がなくなったとして記憶物体のレコードを削除する。

【0062】ステップS503の判断処理により検出物体が存在する場合には、ステップS502でリストアップされた検出物体に対して、記憶物体の過去の位置と速度と検出物体の現在位置とから、例えば、再掲する上記(1)式に基づいて対応度 C_i を演算する(ステップS504)。

【0063】

P_{ex} (スカラー量)、 y 軸方向の成分を P_{ey} (スカラー量)、また、候補位置ベクトル P_i の x 軸方向の成分を P_{ix} (スカラー量)、 y 軸方向の成分を P_{iy} (スカラー量)とすれば、(1)式は、次の(3)式に示すように計算することができる。

【0065】

算コスト(乗算2回、加算1回、減算2回、平方根計算1回)に比べそれほど変わらない。なお、さらに計算コストを少なくするためには、平方根計算を行わない次の(4)式により対応度 C_i を求めることもできる。

【0066】

の値である場合には、上述のステップS505に戻る。

【0068】ステップS507の判定が肯定的である場合には、記憶物体に対応する検出物体が存在したことを記憶するために対応カウンタの計数値を1だけ増加させる(ステップS508)。

【0069】対応決定処理の最後の処理では、記憶物体に対応する検出物体を検出物体の集合から削除する(ス

テップS509)。このように処理することで、記憶物体のリストの順位がそのまま対応の優先度となり、一つの検出物体に対して複数の記憶物体が競合する場合の処理を行う必要がなくなり、計算コストを大幅に削減することができる。この実施の形態においては、後に説明するように、新しく検出された記憶物体をリストの最後尾につけ加えていくが、これはそのまま、長く追尾（追跡）されている物体ほど優先度が高いことを意味している。

【0070】次に、図11のフローチャートを参照して、ステップS700の記憶更新処理の詳細について説明する。

【0071】ステップS701では、RAM24に記憶されている記憶物体リストの先頭へ探索ポインタをセットする。ステップS702では、探索ポインタの内容がNIL（何もない）ならば、記憶物体リストを最後まで調べたとしてステップS708に進み、そうでなければ探索ポインタの指すレコード51（図2参照）の中の次のレコードのポインタの値を探索ポインタにセットし、ステップS703に進む。

【0072】ステップS703では、記憶物体が対応する検出物体を有するときにはステップS704へ、持たないときにはステップS705へ進む。

【0073】ステップS704では、記憶物体のレコード51の過去の位置と過去の時間内で最も古い情報を削除する。そして、対応する検出物体の現在位置を過去の位置の配列に格納し、検出時間（検出時刻、検出時点）を時間の配列に格納し、ステップS600の速度演算処理で求めた速度をレコード51の速度記憶領域（図2中、速度ベクトルV（Vx, Vy）の欄）に格納する。

【0074】ステップS705では、対応カウンタの値によって処理を決定する。カウンタの値が所定の閾値以下のときにはステップS706へ、そうでない場合には

$$Ci = -(k\theta + |Pi - Pe|) \quad \dots (5)$$

(5)式において、 θ は、図5に示すように、予測位置ベクトルPeと候補位置ベクトルPiのなす角度（変位角という。）である。調整係数（任意係数）kは、スカラー量であって定数でもよいが、記憶物体の過去の速度ベクトル方向の安定度などを考慮して変化させることもできる。例えば、速度ベクトルの方向が安定している場合には、調整係数kの値を大きくして変位角 θ の影響を強くし、反対に、速度の方向が不安定である場合には、

$$\begin{aligned} \theta &= \arccos(Pe \cdot Pi / |Pe| |Pi|) \\ &= \arccos \{ PexPix + PeyPiy / \\ &\quad \sqrt{(Pex^2 + Pey^2)} \sqrt{(Pix^2 + Piy^2)} \} \end{aligned} \quad \dots (6)$$

$$|Pi - Pe| = \sqrt{(Pix - Pex)^2 + (Piy - Pey)^2} \quad \dots (7)$$

なお、変位角 θ は、候補位置ベクトルPiと予測位置ベクトルPeの内積に限らず、候補位置ベクトルPiと速

ステップS707へ進む。

【0075】ステップS706では、物体が移動障害物検出装置30の検出範囲または位置検出装置20の検出範囲（すなわち、図12～図14に示す移動物体検出範囲4にあたる。）から消えたとして当該記憶物体のレコードを削除する。

【0076】ステップS707では、物体が一時的に消えたものとして過去の位置と速度とから現在の推定位置を上記(2)式により求め、かつ過去速度値を現在の速度値とする。

【0077】ステップS708では、検出物体の集合が空集合になっているかどうかを調べ、空集合でないならばステップS709へ、空集合ならば処理を終了する。

【0078】ステップS709では、残っている検出物体の数だけ、記憶物体のレコードを生成し、検出物体の現在位置をレコードの過去の位置の配列に格納し、検出時点を経験の配列に格納する。また、速度値と対応カウンタの計数値とは、それぞれゼロ値を入れ、記憶物体リストの最後尾につけ加える。

【0079】このように上述の実施の形態によれば、予測位置に最も近い検出物体を記憶物体に対応させるのではなく、過去の位置を基準とする速度ベクトル方向からの変位角をも考慮に入れて対応度を評価するようにしているので、より一層正確に物体を追尾することができるという効果が達成される。

【0080】なお、対応度Ciは、(1)式＝(3)式または(4)式に示したような内積を直接利用したものではなく、内積を逆演算した式を利用したものとすることもできる。

【0081】すなわち、対応度Ciを(5)式に示す式で算出することもできる。

【0082】

調整係数kの値を小さくして変位角の影響を弱くすることで対応度Ciの、いわゆる指向性を弱くすることもできる。

【0083】(5)式において、変位角 θ は(6)式により、また、変位 $|Pi - Pe|$ は(7)式により実際の値を求めることができる。

【0084】

度ベクトルVの内積の逆演算により求めることもできることはいうまでもない。

【0085】(6)式および(7)式から直ちに理解できるように、(5)式に係る計算は、(1)式に係る計算に比較してはるかに面倒であるので、(1)式に係る対応度 C_i の計算コストが(5)式に係る対応度 C_i の計算コストに比較してはるかに小さいことが分かる。

【0086】また、この発明は上述の実施の形態に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【0087】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、単に速度と位置が既知の物体の一定時間経過後の予測位置に最も近い検出物体を、その速度と位置が既知の物体(記憶物体)に対応させるのではなく、その記憶物体の位置を基準とする速度ベクトル方向からの変位角と予測位置と検出位置の距離をも考慮に入れて、検出物体の対応の度合いを評価するようにしているので、より一層正確に物体を追尾することができるという効果が達成される。

【0088】この場合、対応の度合いは、例えば、物体の既知位置を始点とし予測位置を終点とする予測位置ベクトルと、物体の既知位置を始点とし検出位置を終点とする複数の候補位置ベクトルとの内積値から予測位置と検出位置との間の距離(またはこの距離に定数をかけた距離)を減算した値とすれば、計算が容易である。

【0089】また、ある一つの検出時点で、割り込み等が発生して物体を見失ったとしても、記憶物体のレコードを保存した場合には、次の検出時点やその次の検出時点において、再び見失った物体を検出することができるという効果が達成される。

【0090】さらに具体的には、先行車両や障害物の軌跡の交差やノイズがあっても、先行車両や障害物のIDが誤って継承されることなく正しく継承されるという効果も達成される。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施の形態に係る機能ブロックの構成を示すブロック図である。

【図2】レコードの内容説明に供される図である。

【図3】レコードのポインタによる接続構造の説明に供される図である。

【図4】予測位置ベクトルと探索範囲の説明に供される

図である。

【図5】予測位置ベクトルと候補位置ベクトルとの対応度の演算の説明に供される図である。

【図6】検出物体の対応度を表す線図である。

【図7】物体の誤検出の動作説明に供される図である。

【図8】この発明の一実施の形態の具体的構成を表すブロック図である。

【図9】この発明の一実施の形態の動作説明に供される追跡処理ルーチンの全体的フローチャートである。

【図10】対応決定処理の詳細フローチャートである。

【図11】記憶更新処理の詳細フローチャートである。

【図12】左右の前走車が入れ替わったときにIDの誤継承が起こる場合の説明に供される図であって、Aは、入れ替わる前の状態を示す図、Bは、入れ替わった後にIDの誤継承が起こった状態を示す図である。

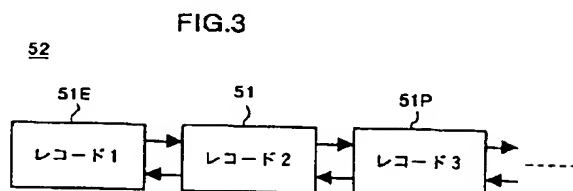
【図13】前後の前走車が入れ替わったときにIDの誤継承が起こる場合の説明に供される図であって、Aは、入れ替わる前の状態を示す図、Bは、入れ替わった後にIDの誤継承が起こった状態を示す図である。

【図14】前後の前走車のうち、後ろ側の前走車が前側の前走車と一直線に並んだときにIDの誤継承が起こる場合の説明に供される図であって、Aは、一直線に並ぶ前の状態を示す図、Bは、一直線に並んだ後にIDの誤継承が起こった状態を示す図である。

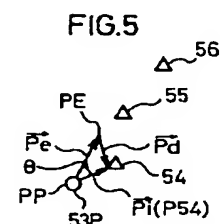
【符号の説明】

8…物体検出装置	10…位置検出手段
11…記憶手段	12…対応度演算手段
13…対応決定手段	14…速度演算手段
15…記憶更新手段	20…位置検出装置
21…コンピュータ	30…移動障害物検出装置
51、51E、51P…レコード	
53P、53P'、53P''、54P…記憶物体	
54、55、56…検出物体	58…探索範囲
PP…基準過去位置	PE…予測位置
Pe…予測位置ベクトル	Pi…候補位置ベクトル
θ …変位角	

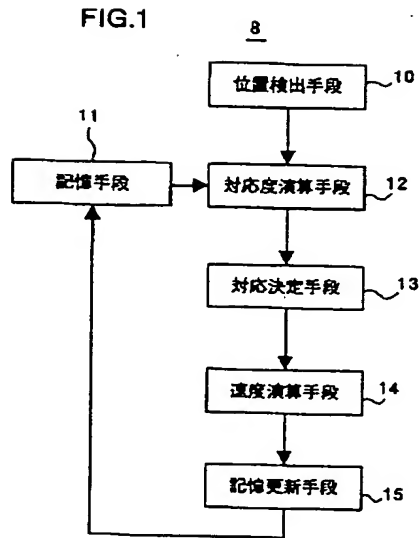
【図3】



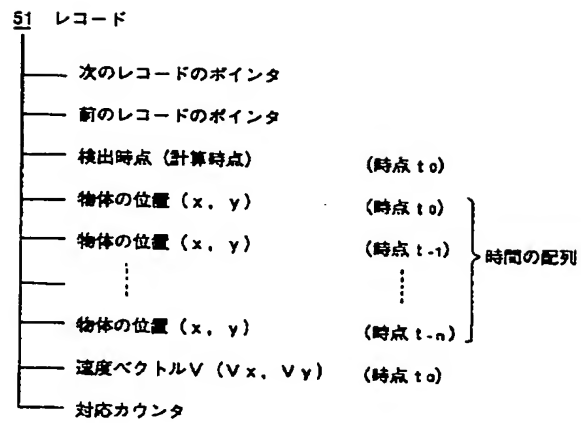
【図5】



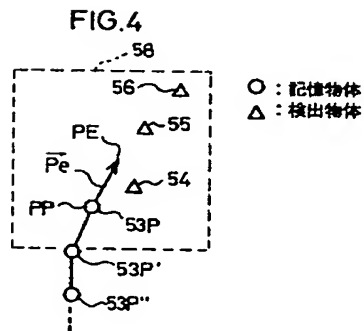
【図 1】



【図 2】



【図 7】



【図 6】

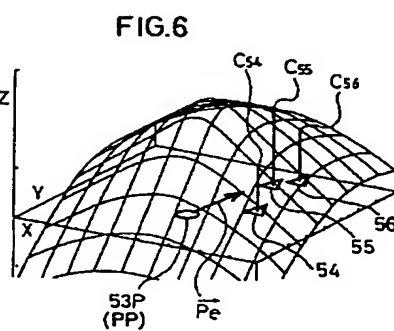
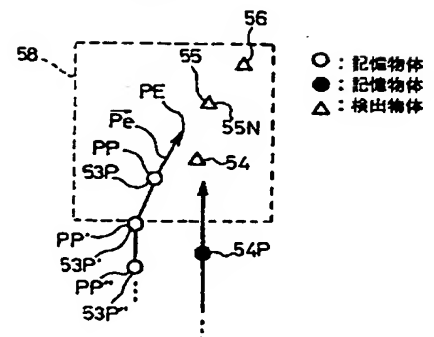
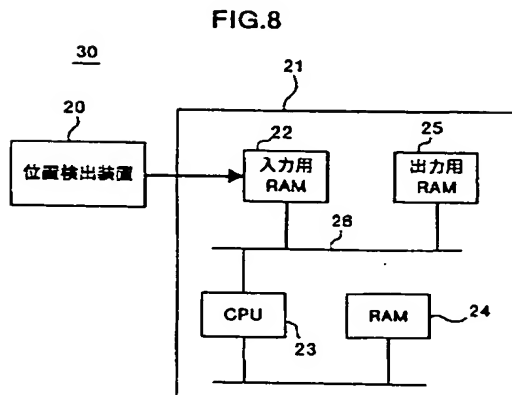


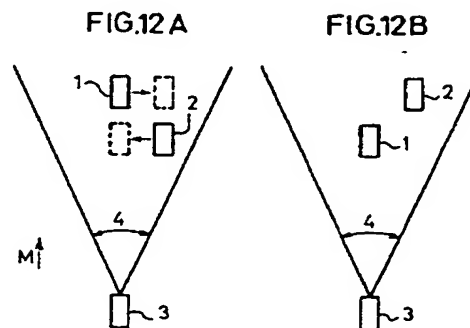
FIG.7



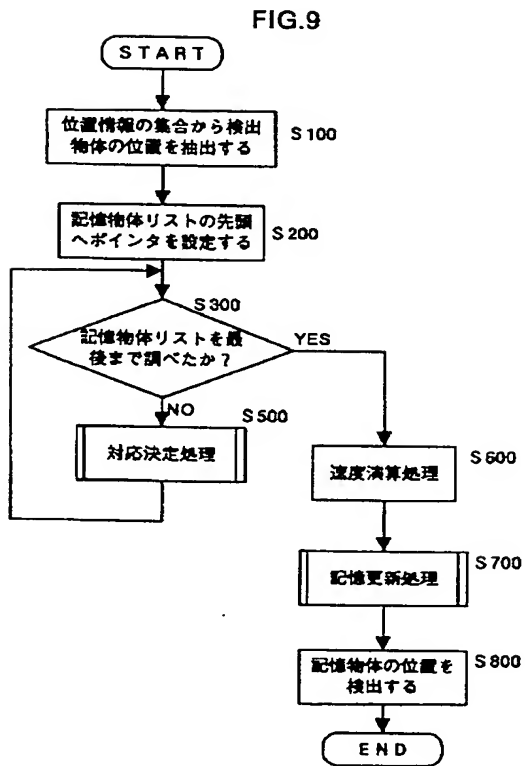
【図 8】



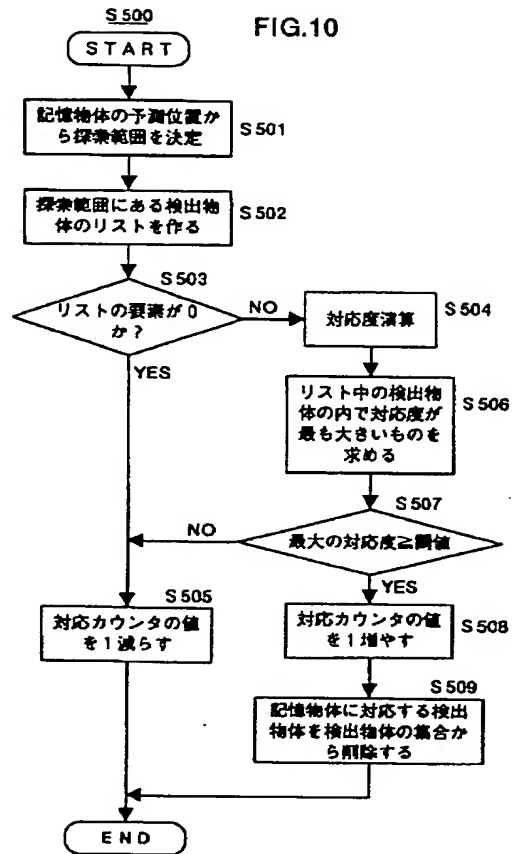
【図 12】



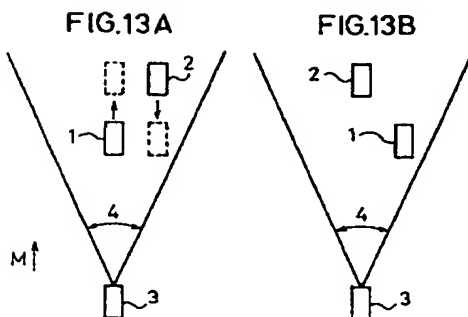
【図 9】



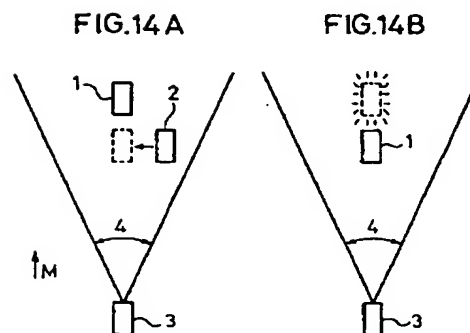
【図 10】



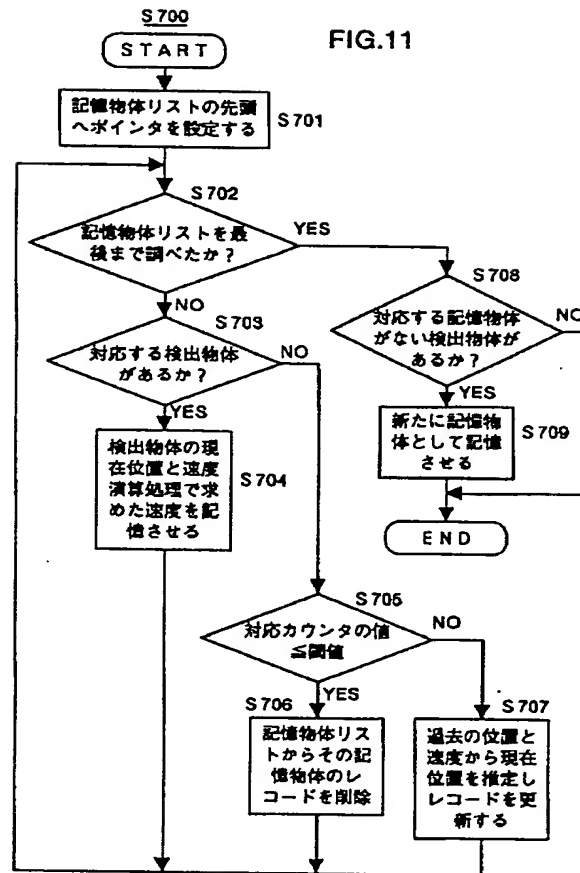
【図 13】



【図 14】



【図 11】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

G 0 5 D 1/02

G 0 8 G 1/00

1/16

// H 0 4 N 7/18

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 5 D 1/02

G 0 8 G 1/00

1/16

H 0 4 N 7/18

G 0 1 S 13/93

技術表示箇所

J

J

E

G

Z